

## 경피적 심방중격결손 폐쇄술 시 경흉부 및 경식도 초음파 검사 상의 결손의 크기와 풍선 폐쇄 직경과의 관계

연세대학교 의과대학 심장혈관병원 소아심장과, 국민건강보험공단 일산병원 소아과\*

허 경 · 김정은 · 김유리아\* · 권해식 · 유병원 · 최재영 · 설준희

### Comparison of defect size measured by transthoracic and transesophageal echocardiography with balloon occlusive diameter measured during transcatheter closure of atrial septal defect

Kyong Hur, M.D., Jeong Eun Kim, M.D., Yuria Kim, M.D.\*, Hae Sik Kwon, M.D.  
Byung Won Yoo, M.D., Jae Young Choi, M.D. and Jun Hee Sul, M.D.

*Division of Pediatric Cardiology, Yonsei Cardiovascular Center  
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

*Department of Pediatrics\*, National Health Insurance Corporation Ilsan Hospital, Goyang, Korea*

**Purpose :** Accurate measurement of defect size is important in transcatheter closure of atrial septal defect (ASD). We performed this study to analyze the difference between the measured ASD size and balloon occlusive diameter (BOD) by transthoracic (TTE) or transesophageal echocardiography (TEE).

**Methods :** We investigated 78 patients who underwent transcatheter closure of ASD. The defect size and the distance between the surrounding structures were measured by TTE and TEE. The BOD was measured by TEE during cardiac catheterization. Clinical characteristics and echocardiographic data were compared and analyzed.

**Results :** The difference between BOD and diameter by TTE was  $4.8 \pm 3.6$  mm on short axis view,  $5.4 \pm 3.2$  mm on long axis view. The difference between BOD and diameter by TEE was  $3.6 \pm 2.2$  mm on short axis view,  $4.2 \pm 3.1$  mm on long axis view. The difference between BOD and the diameter of defects on TTE, TEE had statistically significant positive correlations with the age of the patients, distance between the defect and posterior atrial septal wall, the distance between the defect and the mitral valve leaflet, and the diameter of defects and the length of the atrial septum on TTE ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion :** BOD of ASD can be estimated by the diameter on TTE and TEE. BOD is expected to measure larger, depending on the size of defects, the distance from surrounding structures and the location of defects on echocardiography. Our data offers important information on details of transcatheter ASD closure which can be helpful in predicting suitability and judging the procedural appropriateness during the procedure. (*Korean J Pediatr* 2007;50:970-975)

**Key Words :** Atrial septal defect, Transthoracic echocardiography, Transesophageal echocardiography

## 서 론

최근 선천성 심장 질환의 치료에 있어 과거 수술로만 교정이 가능했던 질환에 대해 심도자를 이용한 중재적 치료술의 적용이 확대되고 있고 아울러 경험과 술기가 축적되면서 그 결과에 있어

서도 수술적 치료를 대체할 수 있는 치료법이 증가하고 있다. 대표적으로 심방 중격 결손의 중재적 치료법은 1974년 King과 Mills<sup>1)</sup>가 처음으로 심도자를 이용한 심방 중격 결손 폐쇄술을 발표한 이래 점차 사용되는 기구의 개선과 기술의 발전으로 세계적으로 많은 기관에서 일차적 치료법으로 적용되고 있다.

이차공 심방중격결손의 경피적 폐쇄를 위해서는 심방중격결손의 수, 크기, 위치, 그리고 판막을 비롯한 주변 조직과의 위치관계와 근접성을 평가하는 것이 반드시 필요하다. 풍선 폐쇄 직경(balloon occlusive diameter, BOD)은 결손을 특수 풍선 도자로 막은 상태에서의 결손의 크기로 실제 사용될 기구의 크기 결정에

접수 : 2007년 6월 18일, 승인 : 2007년 8월 16일  
책임저자: 최재영, 연세의료 심장혈관센터 소아심장과  
Correspondence : Jae Young Choi, M.D.  
Tel : (02)2228-8470 Fax : (02)312-9538  
E-mail : cjoy0122@yuhs.ac

직접적으로 중요한 정보이다. 따라서 경흉부 또는 경식도 심초음파검사를 통해 측정된 결손의 크기, 특징에 대한 정보와 실제 풍선 폐쇄 직경과의 상관 정도를 아는 것은 실제 사용될 기구의 크기와 시술 과정을 예측하고 시술의 적절성을 판단하는 데에 중요하다. 저자들은 transthoracic echocardiography 및 transesophageal echocardiography를 이용하여 측정된 결손의 크기와 balloon occlusive diameter와의 차이를 분석하고 이에 영향을 줄 수 있는 혈액학적 및 결손의 해부학적인 요인에 대해 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

2003년 5월부터 2004년 6월까지 14개월 동안 연세대학교 의과대학 심장혈관병원 소아심장과에서 이차공 심방중격결손 진단 하에 Amplatzer septal occluder(ASO)를 이용하여 경피적 심방중격폐쇄술을 시행 받은 78명의 환자를 대상으로 하였으며 성별은 남자 20명, 여자 58명이었고 시술 시 연령은 1세부터 66세까지(평균연령 18세), 체중은 9.5 kg부터 84 kg까지(평균체중 37.7 kg) 분포하였다(Table 1).

### 2. 방 법

모든 대상 환자에서 먼저 TTE를 시행하여 이차공 심방중격결손을 진단하였고 흉골연 단축상(parasternal short axis view), 늑골하 장축상(subcostal long axis view) 및 심첨 4방상(apical 4-chamber view)에서 결손의 크기 및 주변 구조들(대동맥, 상대정맥, 하대정맥, 승모판연, 심방후벽)과의 거리를 측정하였다. 늑골하 장축상과 심첨 4방상은 흉골연 단축상에서 관찰된 직경과 가장 큰 각을 이루는 직경을 관찰하여 최대 직경을 반영할 수 있도록 하였고 주변 구조와의 거리를 측정할 때에는 약간의 변형 단면을 이용하기도 하였다. 진단적 심도자술을 시행하여 압력과 체-폐 단락비(Qp/Qs) 등 혈액학적 정보를 얻은 후 전신마취 하에 TEE를 시행하여 단축상(short axis; 0-45°)과 장축상(longitudinal or

long axis; 90-110°)에서의 심방중격결손의 직경, 주변 구조와의 거리를 측정하였다(Fig. 1, 2). 결손의 크기는 심방이 최대로 이완되어 있을 때의 최대 직경으로 하였으며 대개 심실 수축기 말에 측정되었다. BOD의 측정을 위하여 0.035 exchange length, extra-stiff Amplatzer 유도 철선(Cook Inc., Bloomington, IN, USA)을 좌상폐정맥에 위치시키고 풍선 폐쇄 도자(Meditech occlusion balloon catheter; Boston Scientific, Watertown, MA, USA)를 유도 철선을 따라 좌심방까지 진입시킨 뒤 풍선을 부풀리고 심방 중격에 밀착시킨 상태에서 TEE로 심방 중격을 통한 좌우단락을 파악하여 2개 이상의 심방 중격 결손이 있는지를 확인한 후 색도플러 초음파 검사 상 좌-우 단락이 없을 때의 풍선과 심방 중격의 접점 사이의 거리를 측정하여 BOD를 측정하였다(Fig. 3).

### 3. 통 계

자료 분석은 SPSS for Windows(Version. 13.0)을 이용하였으며 각각 변수의 기술통계량은 평균, 표준편차 또는 중위수(범위)를 적절하게 사용 하였으며, 결손의 크기와 풍선 폐쇄 직경과의 차이를 보기 위해 Pearsons 상관 분석 및 선형회귀분석을 시행하였다. *P* 값이 0.05보다 작은 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

## 결 과

TTE로 측정된 결손의 평균 직경은 흉골연 단축상에서  $18 \pm 6.3$  mm(10-34 mm), 흉골하 장축상(또는 심첨 4방상)에서는  $18.5 \pm 6.8$  mm(11-32 mm)였고, TEE로 측정된 결손의 평균직경은 단축상에서  $19.5 \pm 7.1$  mm (11-36 mm), 장축상에서  $19.7 \pm 7.4$  mm(12-

**Table 2.** Echocardiographic Measurements of Defect Size and Surrounding Rims

Parameter	Data (range)	
ASD size by TTE	Short axis (mm)	$16.2 \pm 5.5$ (6-30)
	Long axis (mm)	$16.6 \pm 6.4$ (6-32)
ASD size by TEE	Short axis (mm)	$17.6 \pm 6.1$ (7-35)
	Long axis (mm)	$17.2 \pm 5.9$ (7-35)
BOD	Short axis (mm)	$21.9 \pm 6.7$ (10-38)
	Long axis (mm)	$21.8 \pm 6.6$ (11-38)
IAS length	Short axis (mm)	$41.6 \pm 9.9$ (25-65)
	Long axis (mm)	$43.9 \pm 9.8$ (30-65)
ASD rim length	AS (mm)	$4.5 \pm 2.8$ (0-10)
	AI (mm)	$11.2 \pm 3.8$ (5-22)
	P (mm)	$12.7 \pm 3.8$ (6-22)
	PI (mm)	$14.7 \pm 4.2$ (5-26)
	PS (mm)	$12.3 \pm 3.9$ (6-25)

Abbreviations: ASD, atrial septal defect; TTE, transthoracic echocardiography; TEE, transesophageal echocardiography; BOD, balloon occlusive diameter; IAS, interatrial septum; AS, anterosuperior; AI, anteroinferior; P, posterior; PI, posteroinferior; PS, posteriosuperior

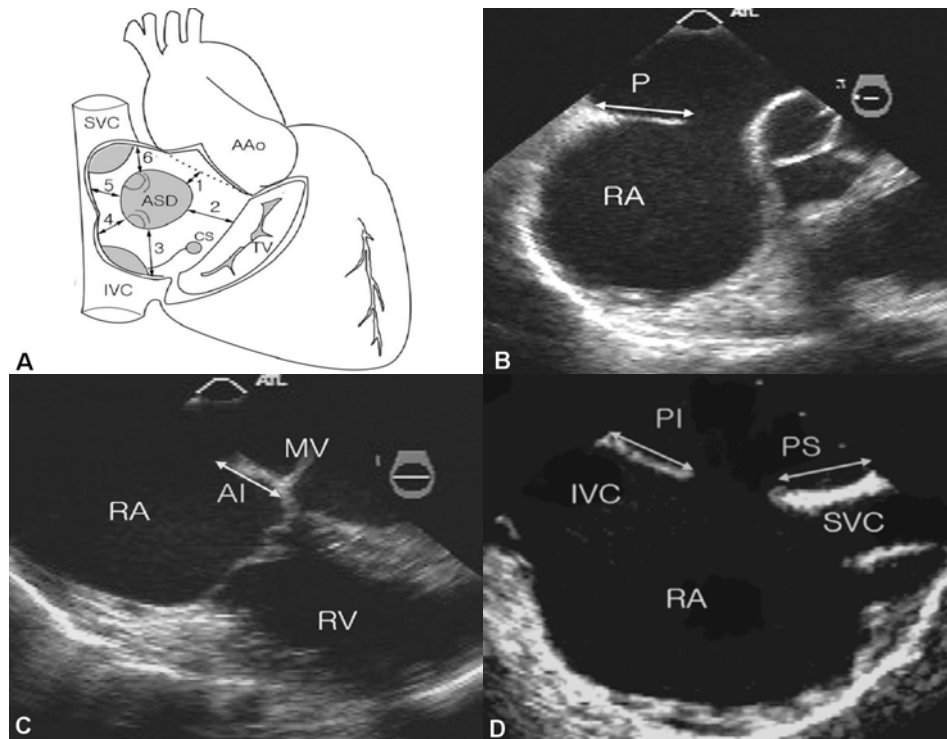
**Table 1.** Profiles of Patients and Hemodynamic Data

Parameter	Data
Sex (male : female)	1:2.72
Age (year)	$18.3 \pm 17.9$ (1-66)
Body weight (kg)	$37.7 \pm 22.5$ (9.5-84)
BSA (m <sup>2</sup> )	$1.2 \pm 0.5$ (0.3-2.0)
Qp/Qs	$2.8 \pm 0.6$ (1.9-4.5)
RV Pressure (mmHg)	$38.9 \pm 8.8$ (24-70)
PA Pressure (mmHg)	$25.6 \pm 7.9$ (12-48)

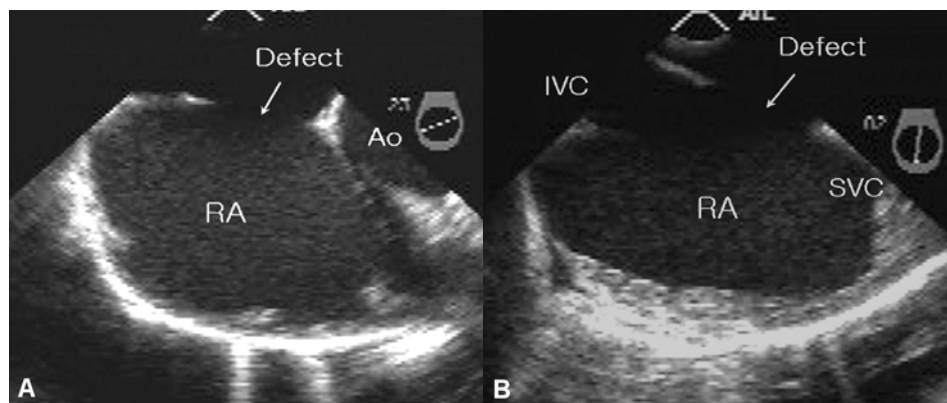
Abbreviations: BSA, body surface area; Qp/Qs, ratio of pulmonary to systemic blood flow amount; RV, right ventricle; PA, pulmonary artery

38 mm)였다. BOD는 단축상에서  $21.2 \pm 7.5$  mm(11-40 mm), 장축상에서  $22 \pm 7.6$  mm(12-38 mm)였다(Table 2). BOD와 TTE로 측정한 직경의 차이는 흉골연 단축상에서  $4.8 \pm 3.6$  mm, 흉골하 장축상(또는 심첨 4방상)에서는  $5.4 \pm 3.2$  mm였고 BOD와

TEE상 직경과의 차이는 단축상에서  $3.6 \pm 2.2$  mm, 장축상에서  $4.2 \pm 3.1$  mm였다(Table 3). 선형회귀분석을 통한 BOD와 TTE상 직경의 회귀방정식은 흉골연 단축상에서  $Y=1.12X+3.86$  ( $R^2=0.82$ ,  $P<0.01$ ), 흉골하 장축상(또는 심첨 4방상)에서  $Y=1.01X+$



**Fig. 1.** Measurements of the length of rims around ASD by transesophageal echocardiography, which represent distance between the defect and adjacent structures. (A) Illustration showing spatial relationship between the defect and surrounding structures. 1. anterosuperior rim, 2. antero-inferior rim, 3. postero-inferior rim 4,5. posterior rim, 6. posterosuperior rim. (B) Short axis view by TEE. (C) Four chamber view by TEE. (D) Long axis (longitudinal) view by TEE. Abbreviations: ASD, atrial septal defect; AAo, ascending aorta; TV, tricuspid valve; CS, coronary sinus; SVC, superior vena cava; IVC, inferior vena cava; PA, pulmonary artery; MV, mitral valve; RA, right atrium; RV, right ventricle; AI, antero-inferior rim; PS, postero-superior rim; PI, postero-inferior rim; AS, anterosuperior rim; P, posterior rim.



**Fig. 2.** Measurement of the atrial septal defect size on short axis view (A, 0-45°) and long axis view (B, 90-110°) by transesophageal echocardiography.

5.32( $R^2=0.83$ ,  $P<0.01$ )(Fig. 4), BOD와 TTE상 직경의 회귀방식은 단축상에서  $Y=1.02X+3.88$ ( $R^2=0.89$ ,  $P<0.01$ ), 장축상에서  $Y=1.05X+3.60$ ( $R^2=0.83$ ,  $P<0.01$ )였다(Fig. 5). BOD와 TTE 및 TEE 상의 결손의 직경의 차이는 환자의 나이가 많을수록, 결손과

심방 후벽까지의 길이(posterior rim)가 길수록, 승모판연까지의 거리(anteroinferior rim)가 길수록, TTE상 결손의 직경 및 심방 중격의 길이가 길수록 통계학적으로 의미 있게 증가하였으며 (Table 4), 환자의 체중, 체표면적, 체폐혈류의 비( $Q_p/Q_s$ ), 우심 실압, 결손과 대동맥 사이의 거리(anterosuperior rim), 결손과 상 대정맥 사이의 거리(posterosuperior rim) 및 결손과 하대정맥 사이의 거리(posteroinferior rim)는 통계학적으로 의미 있는 영향을 주지 않았다.

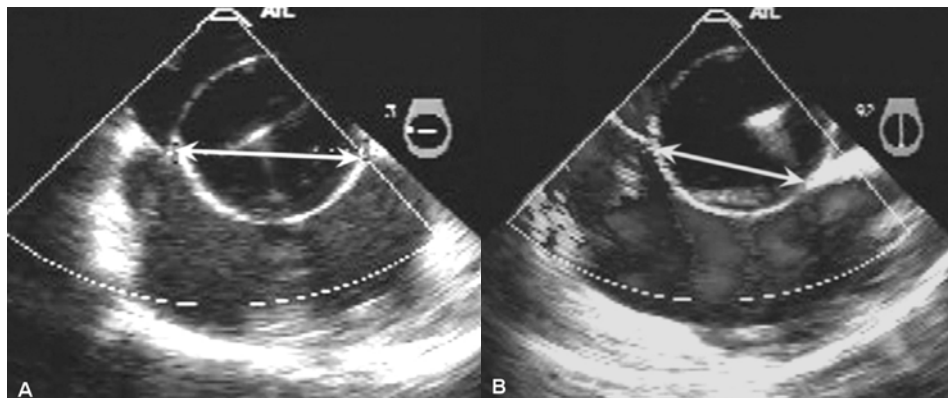
**Table 3.** Correlation between Balloon Occlusive Diameter and Defect Size Measured by Transthoracic- and Transesophageal Echocardiography

	Mean difference (mm)	$R^2$	Regression equation
BOD vs. TTE			
Short axis	$5.8 \pm 2.8$	0.707	$Y=1.023X+5.365$
Long axis	$5.5 \pm 2.6$	0.757	$Y=0.920X+6.428$
BOD vs. TEE			
Short axis	$4.3 \pm 2.1$	0.896	$Y=1.032X+3.752$
Long axis	$4.5 \pm 2.6$	0.843	$Y=1.046X+3.725$

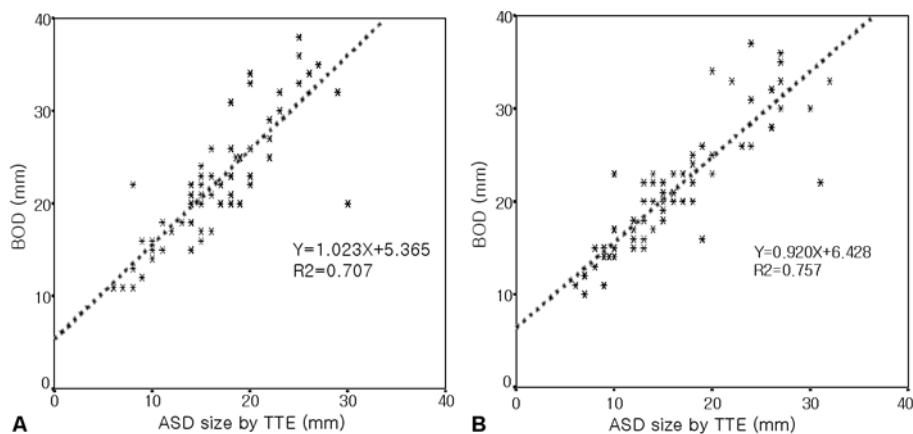
Abbreviations : BOD, balloon occlusive diameter; TTE, transthoracic echocardiography; TEE, transesophageal echocardiography

**Table 4.** Factors Related to the Difference of Balloon Occlusive Diameter and Defect Size Measured by Echocardiography

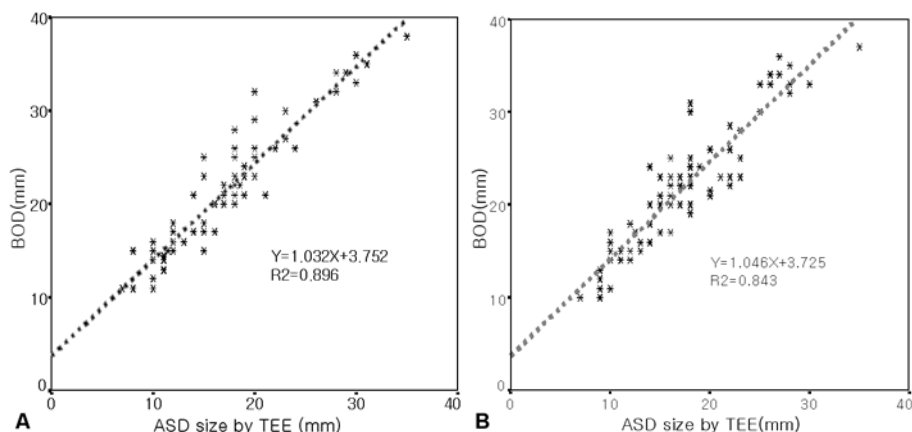
Parameter	Correlation coefficient (r)	P value
Age	0.270	0.033
Size of defect	0.328	0.009
Length of IAS	0.291	0.019
Length of posterior rim	0.387	0.001
Length of anteroinferior rim	0.248	0.046



**Fig. 3.** Measurement of the balloon occlusive diameter on short axis view (A, 0-45°) and long axis view (B, 90-110°) by transesophageal echocardiography.



**Fig. 4.** Correlation between TTE defect size and BOD. (A) TTE defect size measured on short axis view. (B) TTE defect size measured on long axis or 4 chamber view. Abbreviations : TTE, transthoracic echocardiography; BOD, balloon occlusive diameter.



**Fig. 5.** Correlation between defect size and BOD. (A) TEE defect size measured on short axis view. (B) TEE defect size measured on long axis or longitudinal view. Abbreviations : TEE, transesophageal echocardiography; BOD, balloon occlusive diameter.

## 고 찰

심방중격결손은 체외 순환을 이용한 개심술이 도입된 이후 외과적으로 비교적 안전하게 교정할 수 있는 질환으로 사망률이 매우 낮으나 수술과 동반된 기흉, 술 후 출혈, 흉막 삼출액, 심낭 삼출액, 감염, 부정맥 등이 약 2.5%에서 13% 정도 보고되고 있고<sup>2)</sup> 그 외에 비교적 가벼운 합병증으로 무기폐, 장관 내 혹은 요로 감염 등이 보고되고 있으며<sup>3)</sup> 잔류단락 또한 7.8%에서 16.7%까지 보고되고 있다<sup>4,5)</sup>. 심도자를 이용한 경피적 심방 중격 폐쇄술의 장점으로 개심술에 필요한 인공 심폐기의 사용이 필요 없으며 수술에 비하여 사망률, 유병률이 낮고 입원기간이 단축되는 등의 장점과 함께 수술상처 없이 치료할 수 있다는 점이 크게 부각되어 왔다. 최근 가장 널리 사용되는 ASO는 55%의 니켈과 45%의 티타늄으로 구성된 기억형상 합금인 nitinol wire mesh와 polyester fabric으로 이루어져 있으며 Sharafuddin 등<sup>6)</sup>이 최초 동물 실험에서의 성공을 보고하였다. 기구의 구성이 일체형으로 되어 있어 이식이 간편하고, 삽입의 실패 시 제거가 용이하며, 비교적 큰 결손에도 사용 가능하고, 이식 후 잔류 단락의 비율도 낮은 것으로 보고되고 있어 이러한 장점으로 인해 사용이 증가되어 왔다<sup>6-11)</sup>.

심도자술에 의한 심방중격결손의 폐쇄는 시술 전 결손의 정확한 해부학적 구조를 파악하는 것이 중요하며 대개 결손의 최대 크기에 따라 사용되는 기구의 크기가 결정된다. 시술을 시행하기 전에 결손의 위치 및 크기, 하나 이상의 또 다른 결손의 유무, 정맥 환류의 이상 등을 파악하기 위해 경흉부 및 경식도 심초음파가 이용되고 있으며 일반적으로 경흉부 심초음파로 측정된 결손의 크기보다 경식도 심초음파로 측정된 결손의 크기가 더 크며 정확한 것으로 알려져 있다<sup>12)</sup>. 그러나 실제 시술 시에는 삽입된 기구에 의한 물리적인 압박으로 폐쇄 전 자연 상태의 결손보다 결손부가 신장될 수 있는데 이러한 이유로 기구를 삽입했을 때와 유사한 상황, 즉 풍선으로 결손을 막아 혈류가 차단되었을 때의 직경(BOD)

을 측정하여 사용할 기구의 크기를 결정하는 방법들이 이용되어 왔다. BOD는 때로 TTE 혹은 TEE로 측정된 크기와 상당한 차이를 보이는 데 이러한 경우 성공적인 시술이 어려울 수도 있고 예상보다 상당히 큰 기구가 사용되는 것에 대해 시술의 적정성 여부가 의심될 수도 있다. 본 연구에서 제시된 데이터는 이러한 시술 상의 어려움을 예측하고 판단하는 데에 도움이 될 수 있을 것이다. 본 연구에서 BOD와 TTE 및 TEE 상의 결손의 직경은 환자의 나이가 많을수록, 결손과 심방 후벽까지의 길이가 길수록, 승모판연까지의 거리가 길수록, TTE상 결손의 직경 및 심방 중격의 길이가 길수록 통계학적으로 의미 있게 큰 차이를 보였다. 이러한 관찰 결과는 특정한 한 환자의 경우로 국한하여 생각해 본다면 서로 모순되는 결과일 수도 있겠으나 본 연구에서의 관찰 결과를 종합적으로 판단해 본다면, 1. 결손의 크기가 큰 환자에서 더 큰 차이가 나타나며, 2. 심방 확대가 큰 환자 또는 오랫동안 결손을 가지고 있었던 환자에서 더 큰 차이가 나타나고, 또한 3. 결손이 특히 심방 후벽이나 승모판 쪽의 한쪽 방향으로 치우쳐 있는 경우 더 큰 차이가 나타난다는 것으로 정리될 수 있을 것이다. 결손이 큰 것과 오랫동안 결손을 가지고 있었던 것(환자의 연령)은 심방 확대를 심화시킬 수 있다는 점에서 이러한 요인들이 서로 상호 작용을 가질 개연성에 대해 쉽게 이해될 수 있다. 하지만 체폐혈류의 비, 우심실압 등의 혈액학적 지표와는 관련이 없게 나타났는데 이 것은 혈액학적 지표들이 심방에 국한되지 않는 다른 요인, 예를 들어 우심실의 확대와 유순도, 폐혈관 저항 등과 더 직접적인 연관성을 가질 수 있다는 것을 시사한다. 이 외에 결손 주변의 연(rim)이 유연한(compliant)한 경우 BOD가 많이 커지는 양상을 보였으나 본 연구에서는 이러한 형태학적 특징에 대한 판단 기준이 모호하여 분석을 위한 지표에 포함되지는 않았다. 향후 더 많은 연구 대상에서 이러한 형태학적 변수에 대한 뚜렷한 판단 기준이 확립되면 그 영향에 대한 평가도 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 결론적으로 경피적 심방중격결손 폐쇄술 시 BOD는 TTE 및 TEE상의 직경의 크기로 어느 정도 예측이 가능하며 심

초음파상 결손의 크기 및 주변 구조들과의 거리와 결손의 위치에 따라 BOD가 더 크게 측정될 것으로 예상할 수 있어 경피적 기구 폐쇄가 가능한 환자의 선정, 시술에 따른 어려움의 예측과 시술 시 적정성의 판단에 도움이 될 것으로 생각된다.

## 요 약

**목 적 :** 본 연구는 경피적 심방중격결손 폐쇄술 시 TTE 및 TEE를 이용하여 측정한 결손의 크기와 BOD와의 차이를 분석하고 이에 영향을 줄 수 있는 혈액학적 및 해부학적인 요인에 대해 알아보고자 하였다.

**방 법 :** 2003년 5월부터 2004년 6월까지 본원에서 연세대학교 심장혈관병원 소아심장과에서 이차공 심방중격결손 진단 하에 경피적폐쇄술을 시행받은 78명의 환자(남자 20명, 여자 58명, 평균 연령  $18 \pm 17.4$ 세)를 대상으로 하였다. 각 환자에서 TTE와 TEE를 시행하여 결손의 크기 및 주변구조들(대동맥, 상대정맥, 하대정맥, 승모관연, 심방후벽)과의 거리를 측정하였고 시술 시 TEE 유도 하에 BOD를 측정하여 상관 관계와 관련 요인을 분석하였다.

**결 과 :** BOD와 TTE로 측정한 직경의 차이는 흉골연 단축상에서  $4.8 \pm 3.6$  mm, 흉골하 장축상에서는  $5.4 \pm 3.2$  mm였고 BOD와 TEE상 직경과의 차이는 단축상에서  $3.6 \pm 2.2$  mm, 장축상에서  $4.2 \pm 3.1$  mm였다. 선형회귀분석을 통한 BOD와 TTE상 직경의 회귀방정식은 흉골연 단축상에서  $Y=1.12X+3.86(R^2=0.82, P<0.01)$ , 흉골하 장축상(또는 심첨 4방상)에서  $Y=1.01X+5.32(R^2=0.83, P<0.01)$ (Fig. 4), BOD와 TEE상 직경의 회귀방정식은 단축상에서  $Y=1.02X+3.88(R^2=0.89, P<0.01)$ , 장축상에서  $Y=1.05X+3.60(R^2=0.83, P<0.01)$ 였다. BOD와 TTE 및 TEE 상의 결손의 직경의 차이는 환자의 나이가 많을수록, 결손과 심방 후벽까지의 길이가 길수록, 승모관연까지의 거리가 길수록, TTE상 결손의 직경 및 심방중격의 길이가 길수록 통계학적으로 의미 있게 증가하였다( $P<0.05$ ).

**결 론 :** 심방중격결손의 BOD는 TTE 및 TEE상의 직경의 크기로 어느 정도 예측이 가능하며 심초음파상 결손의 크기 및 주변 구조들과의 거리와 결손의 위치에 따라 BOD가 더 크게 측정될 것으로 예상할 수 있어 경피적 기구 폐쇄가 가능한 환자의 선정, 시술에 따른 어려움의 예측과 시술 시 적정성의 판단에 도움이 될

수 있을 것으로 생각된다.

## References

- 1) King TD, Mills NL. Nonoperative closure of atrial septal defects. *Surgery* 1974;75:383-8.
- 2) Hovath KA, Burke RP, Collins JJ Jr. Surgical treatment of adult atrial septal defect: Early and long-term results. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1156-9.
- 3) Gala MO, Wobst A, Halees Z. Peri-operative complication following surgical closure of atrial septal defect type II in 232 patients—a base line study. *Eur Heart J* 1994;15:1382-4.
- 4) Meijboom F, Hess J, Szatmari A, Utens EM, McGhie J, Deckers JW, et al. Long-term follow-up (9 to 20 years) after surgical closure of atrial septal defect at a young age. *Am J Cardiol* 1993;72:1431-4.
- 5) Young D. Later results of closure of secundum atrial septal defects in children. *Am J Cardiol* 1973;31:14-22.
- 6) Sharafuddin MJA, Gu X, Titus JL, Urness MBS, Cervera CJJ, Amplatz K. Transvenous closure of secundum atrial septal defects: Preliminary results with a new self-expanding nitinol prosthesis in swine Model. *Circulation* 1997;95:2162-8.
- 7) Hijazi ZM, Cao Q, Patel H, Rhodes J. Transcatheter closure of atrial communication using the Amplatzer septal occluder. *J Intervent Cardiol* 1999;12:51-8.
- 8) Berger F, Vogel M, Alexi-Meskishvili V, Lange PE. Comparison of results and complications of surgical and Amplatzer device closure of atrial septal defects. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;118:674-80.
- 9) Chan KC, Godman MJ, Walsh K. Transcatheter closure of atrial septal defect and intraatrial communications with a new self expanding nitinol double disc device(Amplatzer septal occluder): multicentre UK experience. *Heart* 1999;2:300-6.
- 10) Dhillon R, Thanopoulos B, Tsaoasis G. Transcatheter closure of atrial septal defects in adults with the Amplatzer septal occluder. *Heart* 1999;82:599-662.
- 11) Taeed R, Shim D, Kimball TR, Michelfelder EC, Salaymeh KJ, Beekman RH, et al. One-year follow-up of the Amplatzer device to close atrial septal defects. *Am J Cardiol* 2001;87:116-8.
- 12) Mazic U, Gavora P, Masura J. The role of transesophageal echocardiography in transcatheter closure of secundum atrial septal defects by the Amplatzer septal occluder.